

# **XXX° CONGRÈS INTERNATIONAL D'HYDROLOGIE ET DE CLIMATOLOGIE MÉDICALES**

**INTERNATIONAL SOCIETY  
OF MEDICAL HYDROLOGY AND CLIMATOLOGY**



**Vittel, Contrexéville, Nancy  
France**

**3 - 8 novembre 1986**

**Organe officiel  
de la Société  
Française d'Hydrologie  
et de Climatologie Médicales**

# La Presse Thermale et Climatique

ORGANE DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'HYDROLOGIE  
ET DE CLIMATOLOGIE MÉDICALES

*Ancienne GAZETTE DES EAUX*

Fondateur : Victor GARDETTE †

## COMITE DE PATRONAGE

Professeur F. BESANÇON. — P. BAILLET. — Professeur M. BOULANGÉ. — Doyen G. CABANEL. — J. CHAREIRE. — Professeur CORNET. — Professeur Agrégé V. COTLENKO. — H. DANY. — A. DEBIDOUR. — Professeur C. DELBOY. — Professeur Y. DENARD. — Professeur P. DESGREZ. — Professeur J.J. DUBARRY. — Professeur DUCHÈNE-MARULLAZ. — Professeur M. FONTAN. — Professeur GONIN. — GRISOLET, Ingénieur en chef de la Météorologie, Chef du Service d'Études Climatiques de la ville de Paris. — Professeur L. JUSTIN-BESANÇON, Membre de l'Académie de Médecine. — Professeur Cl. LAROCHE. — P. MOLINERY. — Professeur J. PACCALIN. — J. PASSA. — R. SOYER, Assistant au Muséum National d'Histoire naturelle. — P.M. de TRAVERSE.

## COMITE DE REDACTION

**Rédacteur en chef honoraire :** Jean COTTET, membre de l'Académie de Médecine.

**Rédacteur en chef :** J. FRANÇON, **Secrétaire de Rédaction :** R. JEAN.

**Allergologie :** J. CANY, P. FLEURY. — **Biologie :** P. NEPVEUX. — **Cardiologie et Artériologie :** C. AMBROSIO, J. BERTHIER, A. PITON. — **Dermatologie :** P. GUICHARD DES AGES, P. MANY. — **Études hydrologiques et thermales :** B. NINARD. — **Gynécologie :** Y. CANEL, G. BARGEUX. — **Hépatologie et Gastroentérologie :** G. GIRAULT, J. de la TOUR. — **Néphrologie et Urologie :** J.M. BENOIT, J. THOMAS. — **Neuropsychiatrie :** J.C. DUBOIS, H. FOUNAU, L. VIDART. — **Nutrition :** A. ALLAND. — **Pathologie ostéo-articulaire :** F. FORESTIER, J. FRANÇON, A. LARY, R. LOUIS. — **Pédiatrie :** J.L. FAUQUERT, R. JEAN. — **Phlébologie :** R. CAPODURO, R. CHAMBON, C. LARY-JULLIEN. — **Voies respiratoires :** C. BOUSSAGOL, R. FLURIN, J. DARROUZET. — **Stomatologie :** Ph. VERGNES.

## COMITE MEDICAL DES STATIONS THERMALES

Docteurs A. DELABROISE, G. EBRARD, C.Y. GERBAULET, J. LACARIN.

*Les opinions exprimées dans les articles ou reproduites dans les analyses n'engagent que les auteurs.*

## Éditeur : EXPANSION SCIENTIFIQUE FRANÇAISE

15, rue Saint-Benoît - 75278 PARIS CEDEX 06

Tél. (1) 45.48.42.60 - C.C.P. 370-70 Paris



### TARIFS DE L'ABONNEMENT

4 numéros par an

FRANCE : 230 F ; Étudiants, CES : 120 F

ETRANGER : 285 F ; Étudiants, CES : 175 F

Prix de ce numéro : 200 F

# La Presse Thermale et Climatique

## SOMMAIRE

### INTERNATIONAL SOCIETY OF MEDICAL HYDROLOGY AND CLIMATOLOGY

#### XXX° CONGRES INTERNATIONAL D'HYDROLOGIE ET DE CLIMATOLOGIE MEDICALES

*Actes publiés sous la direction de M. Boulangé et J.F. Collin  
Faculté de Médecine de Nancy*

**Vittel, Contrexéville, Nancy  
France**

**3-8 novembre 1986**

Allocution de Monsieur Jean Arthuis, Secrétaire d'Etat .....	209
--	-----

#### Session 1

#### Mécanismes et effets de la cure de diurèse

Calciurie et oxalurie. Lithiase oxalo-calcique, par J. Thomas, E. Thomas, G. Charransol-Maistre, C. Barthélémy, B. Sleiman, P. Desgrez, J.C. Legrand .....	211
Une nouvelle indication de la cure thermique de Vittel. L'expulsion de gravelle ou de calculs restants après lithotripsie, par J. Thomas .....	213
Intérêt du dosage APO A <sub>1</sub> et APOB en début de cure, fin de cure et un mois après une cure thermique à Capvern-les-Bains, par M. Jaltel, C. Contant, P. Duchêne-Marullaz, J. Paccalin .....	215
Untersuchungen über den Einfluss vierwöchiger Trinkkuren mit Natrium-haltigen Heilwässern auf den Blutdruck hyper-, hypo- und normotoner Probanden, par G. Hildebrandt, M. Beudt, C. Gutenbrunner .....	218
Untersuchungen über die adaptive Wirkung von Trinkkuren, par C. Gutenbrunner .....	220
New observations on « bath diuresis ». The atrial natriuretic factor (ANF) during water immersion, par W. Schnizer, H. Knorr, P. Schöps, A.L. Gerbes, R.M. Arendt, E. Stangl, N. Seichert .....	221
Lithiase rénale et métabolisme phospho-calcique. Place du thermalisme, par C. Petit .....	224
Mise à disposition de l'organisme du calcium apporté par des eaux du bassin de Vittel. Etude chez la souris, par S. Ducos-Fonfrede, F. Clanet .....	226
Métabolisme phosphocalcique et cure thermique à Bourbonne-les-Bains, par M. Picard, B. Allary .....	230
Spunti emergenti da un'esperienza su oltre 10 000 prove di diuresi da carico idrico nel ratto albino, par P.C. Federici, C. Marchesi, A. Pasqualis .....	231

## SOMMAIRE (suite)

### Présentation de posters

Lithiases rénales et cure de diurèse : modifications des mécanismes d'acidification de l'urine, par N. de Talancé, B. Sioly, M. Boulangé .....	232
Lithiases rénales et cure de diurèse. Action sur le métabolisme phospho-calcique et les hormones régulatantes, par N. de Talancé, J. Thomas, C. Burlet, M. Boulangé .....	233

### Session 2

#### La crénothérapie de la spondylarthrite ankylosante

##### Table ronde

L'histoire de la spondylarthrite ankylosante et de ses relations avec la médecine thermique. Résumé, par V. Ott .....	236
Aspects nosologiques de la spondylarthrite ankylosante. Résumé, par A. Gaucher .....	237
Spondylarthrite ankylosante d'origine traumatique, par J. Gougeon .....	237
Rééducation de la spondylarthrite ankylosante, par L. Simon, C. Hérisson, M. Enjalbert .....	240
Crénothérapie de la spondylarthrite ankylosante, par R. Louis .....	245

##### Présentation de poster

Présentation de l'association contre la spondylarthrite ankylosante et ses conséquences, par G. Vancon, J. Marion, G. Faure, P. Netter, J. Pourel, A. Gaucher .....	247
---	-----

### Session 3

#### Rhumatologie et immunologie

210 cas de spondylarthrite ankylosante, suivis de 2 à 30 ans en milieu thermal, par F. Forestier, C. Ben Larache, A. Monroche .....	248
La pelvispondylite rhumatismale à Gréoux-les-Bains. Méthodologie - Résultats. A propos de 50 cas, par C. Reiller, F. Widemann, B. Astier, R. Paschal, C. Peyrotte, D. Rekassa, A. Rekassa-Provost, R. Bartolin, C. Delboy .....	250
Funktionsstörungen bei Patienten mit Spondylitis ankylosans während Kurheilverfahren (Radon-Balneotherapie) in Badgastein, par M. Herold, R. Günther .....	254
La spondilite anchilosante, par C. Arena .....	259
Le rôle de la balnéothérapie complexe dans le traitement de la polyarthrite chronique évolutive, par J. Simek .....	261
Les algodystrophies à Gréoux-les-Bains. Résultats de 40 observations, par G. Saby, F. Widemann, D. Rekassa, A. Ayme, M. Noblet, J. Tatossian, R. Bartolin, C. Delboy .....	261
Etude et devenir de 487 cas de gonarthrose sur dossiers informatisés à Gréoux-les-Bains, par D. Rekassa, C. Peyrotte, B. Astier, A. Rekassa-Provost, F. Widemann, M. Noblet, J. Tatossian, R. Bartolin, C. Delboy .....	267
Intérêt de la crénothérapie dans les lombalgies après chirurgie de hernie discale, par B. Allary, M. Picard .....	275
Pool therapy for paralytic patient, par J.D. Henriksen .....	277

## SOMMAIRE (suite)

### Session 4

#### Effets physiologiques de l'immersion et de la balnéation

##### Table ronde

Sur l'élévation immédiate de la pression artérielle générale provoquée par l'immersion verticale, par J. Lecomte, D. Lagneaux .....	279
Rôle des hormones réglant la volémie (système rénine-angiotensine-aldostérone, ADH et ANF) dans l'immersion, par C. Gharib, G. Gauquelin, A. Guell .....	281
Hemorheological, metabolic and hormonal changes in man undergoing therapeutic water immersion, par V. Digiesi, S. Forni, F. Masi, G. Cerchiai, L. Mannini, E. Baldi, B. Dorigo, P. Giannotti .....	284
Régulation thermique lors de l'immersion : concepts de base, par Y. Houdas .....	288
Emodinamica periferica nella balneoterapia e nell'antroterapia termale, par P.C. Federici ....	290

### Session 5

#### Le thermalisme à travers le monde

Quelques aspects des cures thermales au Portugal : pathologie et techniques, par A.V. Castelo-Branco .....	292
L'avenir du thermalisme en Belgique, par P. de Marchin .....	296
Kurorte als integraler Teil des allgemeinen Gesundheitsschutz-systems im Lichte 40 « jähriger polnischer Erfahrungen », par G. Straburzynski .....	297
American healing waters : a cultural study of balneology in american health care and medicine. The American Health Resort Spa and Organized Medicine 1925-1941, par J.P. de Vierville. ....	302
Klimatherapie, Talassotherapie, Balneotherapie, Peloidotherapie und ihre anwendungs möglichkeiten in der Türkei, par N. Usman-Ozer, H. Gurdal, E. Basak, S. Bahadir, M. Çimsit, Z. Karagülle .....	304

### Session 6

#### Expérimentation en médecine thermique

Les difficultés de l'expérimentation clinique en thérapeutique thermique, par G. Aupy, J. Canelas, J. Paccalin .....	309
L'influence de la crénothérapie à Balaruc sur l'axe hypophyso-surrénalien, par R. Ayats, A. Orsetti, J.L. Jacquemin .....	309
Chronobiologie und Balneotherapie, par R. Günther, M. Herold .....	312
Influence de l'eau arsenicale de la Bourboule sur le potentiel enzymatique de défense antioxydante chez le rat en normoxie et en hypoxie chronique, par C. Blondeau, A. Magnin, G. Toubin, M.T. Tran, P. Magnin .....	319
De l'incidence de l'eau thermique de la Bourboule sur le métabolisme érythrocytaire en hypoxie chronique normobare chez le rat, par G. Toubin, A. Magnin, C. Blondeau, M.T. Tran, M. Mercet, P. Magnin .....	321
Stratégie de recherche et de développement en station thermique. Exemple : la station de Barbotan-les-Thermes (Gers), par C. Garreau, B. Garreau-Gomez .....	322
L'éducation sanitaire des curistes en station thermique, par J. Louis, R. Louis .....	325

## SOMMAIRE (suite)

### Session 7

#### Médecine thermique et sport

Introduction, par A. Monroche .....	328
Médecine thermique et sport, par H. Monod .....	329
Les stations thermales au service de l'éducation et des activités sportives des biens-portants, par F. Besançon .....	330
Thermalisme et pathologie traumatolo-orthopédique du sport. Résumé, par C. Vacher, J.P. Jullien, J. Lovet, B. Taillan, C. Argenson, F.A. Commandre .....	332

### Session 8

#### Techniques oto-rhino-laryngologiques et crénothérapie stomatologique

##### Rapports

Les moyens de défense de la muqueuse naso-sinusienne, par J. Tisserant, R. Jankowski .....	333
Système nerveux végétatif et muqueuse pituitaire. aspects physiologiques et physiopathologiques, par P. Perrin, P. Gazel † .....	336

##### Communications

Le dossier médical ORL informatisé en pratique thermique, par J. Magnan, T. de Bailliencourt, D. Esteve, J. Juda, J.P. Martin, R. Bartolin, C. Delboy .....	340
Résultats précoces des insufflations tubaires après une cure thermique à Gréoux-les-Bains, par D. Esteve, T. de Bailliencourt .....	344
La mesure des caractéristiques dimensionnelles des aérosols d'eau thermique, par J.C. Guichard, P. Drutel .....	345
La pharmacochimie des eaux sulfurées en crénothérapie ORL et stomatologie, par F. Clanet, S. Ducos-Fonfrede .....	350
La phycothérapie : une nouvelle thérapeutique des parodontopathies, par J.P. Petit .....	358

### Session 9

#### Médecine thermique et clinique

Cure thermique de Vals-les-Bains et tolérance glucidique, par A. Alland, J.L. Charbonnier, C. Rodés, D. Lechevallier, J.Y. Ulrich, G. Loupy, A. Rambaud .....	361
Spécificité et effets thérapeutiques de la cure thermique de Royat. Aspects expérimentaux - Aspects cliniques. Résumé, par G. Schaff, R. Fabry, R. Delahaye .....	365
Méthodes récentes d'investigation des effets du traitement thermal de Royat. Résumé, par R. Fabry, R. Delahaye, G. Schaff .....	366
Beeinflussung der essentiellen arteriellen Hypertonie durch nicht-medikamentöse Maßnahmen während einer Kur mit Kohlensäurebädern, par B. Hartmann, U. Pohl, D. Wohltmann, E. Bassenge .....	367
Etude radiographique de la remontée colique du goutte-à-goutte intestinal de Châtelguyon. Intérêt diagnostique et thérapeutique, par J.B. Chareyras, M. Gualino .....	370
Kuberhandlung der Gastritis chronica erosiva. Engesichis Verlangender Observationen, par L. Hryniewski, C. Straburzinski, K. Linke .....	372

##### Présentation de poster

Traitement à Royat des plaies d'origine vasculaire : Essai d'interprétation des résultats. Résumé, par P.B. Avril, J.J. Dubost, J.L. Merle, J. Body .....	374
---	-----

## SOMMAIRE (suite)

### Session 10

#### L'utilisation de l'informatique en médecine thermique

Principes de méthodologie de l'essai thérapeutique en médecine thermique : le dossier médical informatisé et l'analyse statistique des résultats, par C. Delboy, R. Bartolin .....	375
Dossier médical dermatologique informatisé, par M. Oddeze, R. Bartolin, C. Delboy .....	379
Le dossier médical informatisé de pneumologie en pratique thermique : méthodologie, par D. Nicolas, R. Bartolin, C. Delboy .....	383
Le dossier médical informatisé des artériopathies chroniques en pratique thermique : méthodologie, par C. Ambrosi, R. Bartolin, C. Delboy .....	384
Le dossier médical informatisé de crénothérapie : méthodologie, par C. Garreau, R. Bartolin, C. Delboy .....	385

#### Démonstrations

Base de données bibliographiques sur le thermalisme. Résumé, par C. Guenot, J.F. Collin, M. Boulangé .....	387
Thermadoc. Base de données documentaires sur les stations thermales. Résumé, par P. Atlas, F. Kohler, J.F. Collin, M. Boulangé .....	387
Informatisation de la méthode de représentation graphique de composition chimique des eaux spécialement d'intérêt médical. Résumé, par B. Ninard, E. Ninard .....	388
Une aide informatique dans le thermalisme. Résumé, par le Ministère des Affaires sociales et de l'Emploi .....	388
Le logiciel macure, par P. Frezet .....	389

### Session 11

#### Bases expérimentales de la crénothérapie

Essai de classification technique des boues thermales, par R. Savarit .....	390
Contributi sperimentali sul decremento termico in peloidi e sabbie durante l'applicazione terapeutica, par P.C. Federici, C. Marchesi, A. Pasqualis .....	392
Methodik und Wirkungsmechanismen der vaginalen Moorbrei-Behandlung, par R. Kovarik .....	393

#### Conférence

Experimentelle Grundlagen der Balneotherapie entzündlicher Prozesse, par K.L. Schmidt .....	396
---	-----

#### Présentation de poster

Mise au point d'une méthode de mesure des transferts percutanés « in vitro » appliquée à la balnéothérapie et à la pelothérapie. Résumé, par F. Davrainville, J.F. Collin, C. Burlet, M. Boulangé .....	398
Capacités thermiques des péloïdes minéraux. Résumé, par T. Ferrand, B. Guillet .....	399

### Session 12

#### La ressource thermique

##### Le patrimoine hydrogéologique

Réflexions sur la protection de la ressource thermique, par B. Blavoux .....	400
La connaissance et la protection d'un système thermominéral, par M. Lopoukhine .....	405
Mise au point d'une méthode de détection de l'arsenic in situ, par C. Van Den Berghe, R. Laugier, J.F. Muller, C. Burlet, A. Burlet .....	406

## SOMMAIRE (suite et fin)

### Présentation de film

Chaudes-Aigues, par J.P. Gibert, R. Brousse .....	408
La surveillance des installations	
Hygiène et surveillance des installations thermales. Résumé, par P. Hartemann .....	408
Hygiène des piscines de mobilisation dans les stations thermales, par F. Besançon .....	409
Contrôles bactériologiques des eaux de piscines thermales, par A. Rambaud, D. Pépin, J. Alame, C. Gravina .....	410
Techniques d'étude de la contamination et de la décontamination des surfaces dans une installation thermique, par J.L. Paquin, X. Bonnefoy .....	414
Hygiène de l'atmosphère dans les établissements thermaux, par D. Pépin, A. Rambaud, C. Chades .....	416
Les matériaux utilisés dans le transport des eaux minérales, par G. Popoff .....	418

### Session 13

#### Climatologie et thalassothérapie

La bioclimatologie humaine : situation actuelle et perspectives, par E. Choissnel .....	421
---	-----

### Table ronde

Cure climatique d'altitude et asthme bronchique. Critères objectifs d'appréciation. Résumé, par H. Razzouk .....	424
La climatothérapie de l'asthme, par B. Primault .....	425
Influence de l'entraînement à l'effort en atmosphère chaude et saturée de vapeur d'eau chez l'asthmatique adulte, par Y. Lanusse, J. Hounau, P. Dieudonné, J.M. Querbes, E. Klahr. R. Menier .....	426
Corticoid hormones and climatothearay in mild high-mountain environment in patients with bronchial asthma, par J. Zvonar .....	428
Particularités du thermalisme pédiatrique. Rôle du Centre d'Etude sur la Thérapeutique, le Thermalisme et l'Enfant, par J. Vialatte.....	431

### Présentation de film

Rééducation fonctionnelle en milieu marin, par B.F. Badelon, P. Moisson, F. Chauvel, P. Laurent	432
---	-----

### Communications

Prévision des recrudescences d'infarctus du myocarde, fondée sur une analyse météorologique multivariée, par J.C. Cohen, G. der Megreditchian, N. Gerbier, E. Choissnel, D. Pezzi-Giraud, J. Pasteyer, M. Poisvert, F. Besançon .....	433
La thérapie climatique aujourd'hui. Résumé, par A. Schuh .....	436
Aspects psychologiques et psychothérapeutiques de l'hydrothérapie, par J.P. Kahn .....	436

### Séance de clôture

Métabolisme cellulaire et crénothérapie, par P. Magnin .....	439
Allocution de Monsieur André Rossinot, Ministre, Maire de Nancy .....	446
Allocution de Monsieur Adrien Zeller, Secrétaire d'Etat .....	447



## **New observations on « bath diuresis » The atrial natriuretic factor (ANF) during water immersion**

W. SCHNIZER \*, H. KNORR \*, P. SCHÖPS \*,  
A.L. GERBES \*\*, R.M. ARENDT \*\*,  
E. STANGL \*\*, N. SEICHERT \*  
(Munich)

Influence of immersion in water on kidney function has been the subject of several investigations [10]. Heat-out immersion (HOI) induces an excretion pattern with intensification of diuresis, natriuresis, kaliuresis, osmotic and water clearance. The increase of the central blood volume is considered to be the primary cause; this occurs in consequence of the immersion in water in the region of the thoracic vessels. Accordingly, this is a regulatory mechanism within the homeostasis of blood volume and water-electrolyte balance of the body, although the exact mechanisms of action have not yet been clarified.

According to the hypothesis of GAUER and HENRY [14], the intensified diuresis is based on a reflex suppression of antidiuretic hormones (ADH), which is mediated by a

stimulation of a cardiopulmonary mechanoreceptors. This is supported by findings according to which plasma levels of ADH are indeed reduced during HOI [12]. On the other hand, this could not be confirmed by all authors [19, 23].

Another hormonal immersion effect concerns the decrease of plasma aldosterone [6,9,11]. This has been associated with increased excretion of sodium, although this does not constitute a complete description of the process [8]. The postulate of an natriuretic factor has hardly led to any progress here for the time being. The atrionatriuretic factor (ANF) is a peptide hormone which is synthesized and released in the atrial musculature of the heart and which is suspected to be an important mediator within circulatory and extracellular volume control. Discovery has re-aroused interest in the hormonal and renal effects of immersion in water.

In the present investigation, we have examined the influence of immersion in water on the secretion of ANF.

---

\* Institute of Medical Balneology and Climatology, Munich University, Marchionsnistrasse 17, 800 MÜNCHEN 70.

\*\* Departments of Medicine I and II, Munich University Medical School.

## METHODS

A total of 25 healthy subjects (nine female, 16 male) aged from 23 to 38 years old participated in the investigation. All subjects were informed about the purpose and implementation of the study. They were eating normally and were not subject to any restriction of salt and water on the experimental day.

The experimental protocol was as follows: after complete emptying of the bladder, the patient rested in a sitting position under comfortable conditions of temperature for one hour. In order to obtain blood samples, a catheter was introduced into a forearm vein and fixed during the rest period. After passing urine once more, the patient moved into a water bath ( $34 \pm 0.2^\circ\text{C}$ ) with a depth of immersion up to the clavicles. The immersion phase as well as a period of followup observation lasted one hour in each case. Urine was collected again at the end of each hour.

At the beginning of each of the three trial phases, the patients drank 250 ml of water. Blood samples were taken before, 30 and 60 minutes after commencing the bath as well as 30 and 60 minutes after the end of the bath. The following analyses of the urine were carried out: sodium and potassium (flame photometry), creatinine (Jaffé reaction) and osmolality (lowering of freezing point). Furthermore, the osmotic and free water clearance as well as the glomerular filtration rate were determined.

The ANF was determined in the extracted plasma by radioimmunological assay. Details of the analysis have already been described [4].

The results are presented as mean value  $\pm$  SEM. Differences were checked for significance on the basis of the *t* test.

## RESULTS

The findings on the diuretic effect of immersion and on electrolyte excretion are shown in Figure 1. Accordingly, the thermoneutral bath for an hour led to an increase in the amount of urine (V) averaging  $1.41 \pm 0.19$  ml/min to  $5.54 \pm 0.62$  ml/min. In the postimmersion phase, values of  $3.10 \pm 0.43$  ml/min could be measured. The immersion diuresis occurred in all subjects even if to differing extents. The urine flow had less than doubled only in three persons.

A natriuresis raised by the bath ( $U_{NaV}$ ) could be demonstrated in 88% of the subjects. An enhancement of sodium excretion by an average of  $0.168 \pm 0.119$  mmol/min to  $0.328 \pm 0.033$  mmol/min (199%) was found. The decline of the values in the postimmersion phase is indicated with  $0.216 \pm 0.027$  mmol/min. Altered excretion values for potassium ( $U_{KV}$ ) could also be detected. There was a rise to 214% of the initial value.

A nonsignificant increase of creatinine clearance ( $C_{cr}$ ) was shown from the clearance determination. The osmotic clearance ( $C_{osm}$ ) as well the free water clearance ( $C_{H_2O}$ ) rose to 185% and 158% respectively.

The results of the determinations of the atrionatriuretic factor (ANF) are listed in Figure 1. The HOI led to a distinct reaction. The initial values were  $6.00 \pm 0.58$  fmol/ml. Under the conditions of HOI, it rose with increasing duration of immersion and reached about twice the initial values on average after one hour. At the end of the bath, they subsided again within the one hour period of followup observation. There was an appreciable individual variation

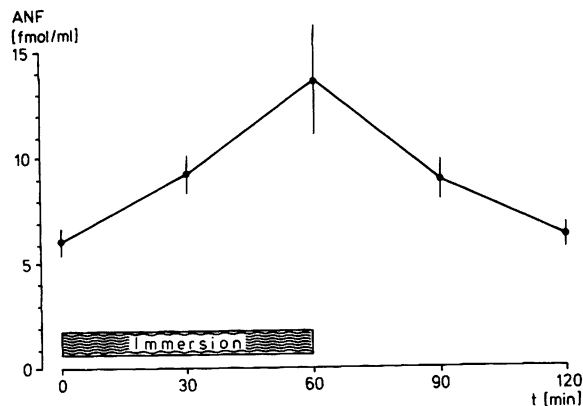


Fig. 1. — Alterations of the atrionatriuretic factor (ANF) in blood plasma during and after thermoneutral immersion in water for one hour.

in the intensity of the reaction. Thus three subjects did not show any alterations of ANF and two subjects showed fourfold to sevenfold increases. In terms of the time course, 20% of the test subjects had already attained the maximum plasma concentration after a bath duration of 0.5 hours.

## DISCUSSION

The mechanisms responsible for the increased excretion of urine and electrolytes owing to a thermoneutral immersion bath which has been known for a long time have not been clarified completely. Investigations so far have shown that the redistribution of the blood volume with central hypervolemia as primary consequence of immersion plays a role in the renal effects. According to Arborelius et al. [2], intrathoracic blood volume (about 700 ml) as well as central venous blood pressure (about 18 mmHg) rise during HOI.

The significance of immersion diuresis as a volume-regulatory reflex (Gauer and Henry [14]) with stimulation of stretch-sensitive atrial receptors, stimulation of vagal efferents and subsequent suppression of the antidiuretic hormone has not been recognized without restrictions. This theory could be confirmed in the dog, but had no effect on the course of immersion diuresis [16, 17] in a bilateral cervical vagotomy or raised atrial pressures in primate experiments. Altogether, the view that suppression of ADH is to be considered as the main mechanism of the effect has been undermined by animal experimental findings and human studies [16, 17, 19, 23, 25]. A suppression of the ADH activity, which has been reported in several investigations, appears to be linked to special experimental conditions. In contrast to the dehydrated state, an unequivocal reduction of the ADH levels cannot be attained by HOI in subjects without fluid restriction, although there is still an enhancement of diuresis [20].

Immersion diuresis is accompanied by the raised excretion of a series of electrolytes [10]. The regularly occurring natriuresis as well as an increased excretion of osmotically active substances is especially striking. Our own results correspond to these (Fig. 2). Since a suppression of a renin-angiotensin-aldosterone system by HOI has been variously reported [9, 11], it was logical to attribute natriuresis

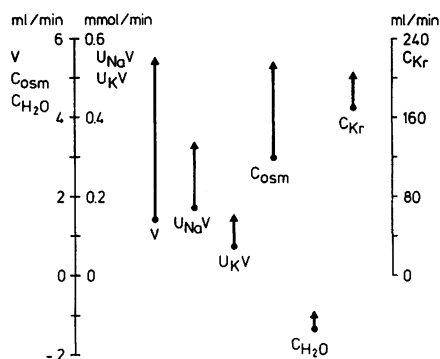


Fig. 2. — Alterations of diuresis ( $V$ ), sodium excretion ( $U_{NaV}$ ), potassium excretion ( $U_{KV}$ ), osmotic clearance ( $C_{osc}$ ), water clearance ( $C_{H_2O}$ ) and creatinine clearance ( $C_{Kr}$ ) during thermoneutral immersion in water for one hour.

to a reduced secretion of aldosterone. On the other hand, further findings show that the aldosterone mechanism cannot play the crucial role [8].

The suspicion that besides aldosterone further hormones are involved in the control of sodium homeostasis has been discussed for a long time. Thus a humoral natriuretic substance has been postulated and also demonstrated indirectly. Quite apart from this, a further regulatory system has become known with the discovery of the atrionatriuretic factor (ANF), of which the coordinated interaction with humoral, neural and hemodynamic functions is involved in volume, pressure and electrolyte homeostasis in mammals.

Experiments have been reported according to which a rapid and pronounced diuresis and natriuresis occurred owing to intravenous application of atrial extracts in the rat [7], and the underlying active agent could be characterized as a peptide. An intensive study on the physiology and pathophysiology of ANF has commenced, especially since purification, sequencing and synthesis of the substance has been achieved within a few years [5, 18, 29]. Further effects which have been described are above all vasorelaxation, lowering of blood pressure as well as inhibition of the secretion of the renin-angiotensin-aldosterone system [3, 24, 28].

ANF is contained in secretory granules of the cardiac auricles, although its physiological release mechanism has not been unequivocally clarified. Observations so far suggest that functional states or maneuvers which entail volume and stretch stimuli for the atria lead to an increase of plasma ANF values. It was logical to test the hypothesis as to whether the thoracic hypervolemia caused by water immersion is to be correlated in terms of the elevation of the atrial pressures and the renal effects with stimulation of ANF secretion.

Our present findings prove a significant elevation of ANF values during HOI. They confirm our earlier results obtained in a small group of subjects [15]. In the meantime, these results could be reproduced [1, 13, 26, 27] in other immersion studies in animals and humans. It could be shown that a rise of ANF averaging 27% already occurs after ten minutes in the bath [15]. Even in immersion for several hours, an increase of the initial values by two to three times is to be reckoned with.

After the end of immersion, there is a regression of

the alterations within about one hour, which is essentially attributable to the relatively short half-life of ANF (about three minutes) in the blood.

In view of the fact that water immersion is accompanied by an increase of the central blood volume, these results support the idea that a volume or a pressure stimulus in the atria of the heart is one of the physiological mechanisms involved in the regulation of ANF secretion. In relation to the known renal effects of ANF, the increased circulating ANF in immersion might contribute to the diuretic and natriuretic action of the bath. Interactions of ANF with other regulatory hormones of volume and electrolyte homeostasis must be investigated further in this regard.

## SUMMARY

In order to clarify the mechanisms of action of immersion diuresis, the effects of a thermoneutral, one-hour bath (head-out immersion) on the concentration of atrionatriuretic factor (ANF) in the blood was investigated. Unequivocal increases of ANF values occurred in consequence of the bath. The findings indicate that atrionatriuretic hormone is released owing to the central hypervolemia due to the immersion, and this may play a role in inducing the immersion diuresis and natriuresis.

## RÉFÉRENCES

1. Anderson J.V., Millar N.D., O'Hare J.P., Mackenzie J.C., Corral R.J.M., Bloom S.R. — Atrial natriuretic peptide: physiological release associated with natriuresis during water immersion in man. *Clin. Sci.*, 1986, 71, 319-322.
2. Arborelius M. jr., Balldin U.I., Lilja B., C.E.G. — Lundgren Hemodynamic changes in man during immersion with the head above water. *Aerospace Med.*, 1972, 43, 592-598.
3. Arendt R.M., Gerbes A.L. — Atrialer natriuretischer Faktor. Die endokrine Funktion des Herzens. *Dtsch. Med. Wochenschr.*, 1986, 111, 1849-1855.
4. Arendt R.M., Stangl E., Zähringer J., Liebisch D.C., Hertz A. — Demonstration and characterization of  $\alpha$ -human atrial natriuretic factor in human plasma. *FEBS Lett.*, 1985, 189, 57-61.
5. Atlas S.A., Kleinert H.D., Camargo M.J., Januszewicz A., Sealey J.E., Larach J.H., Shilling J.W., Lewicki J.A., Johnson L.K., Maack T. — Purification, sequencing and synthesis of natriuretic and vasoactive atrial peptide. *Nature*, 1984, 309, 717-720.
6. Crane M.G., Harris J.J. — Suppression of plasma aldosterone by partial immersion. *Metabolism*, 1974, 23, 359-368.
7. De Bold A.J., Flynn T.G. — Cardionatin I — A novel heart peptide with potent diuretic and natriuretic properties. *Life Sci.*, 1983, 33, 297-302.
8. Epstein M., Katsikas J.L., Duncan D.C. — Role of mineralocorticoids in the natriuresis of water immersion in normal man. *Circ. Res.*, 1973, 32, 228-236.
9. Epstein M., Pins D.S., Sancho J., Haber E. — Suppression of plasma renin and plasma aldosterone during water immersion in normal man. *J. clin. Endocrinol. Metab.*, 1975, 41, 618-625.
10. Epstein M. — Renal effects of head-out water immersion in man: implications for an understanding of volume homeostasis. *Physiol. Rev.*, 1978, 58, 529-581.
11. Epstein M., Preston R. Re S., Haber E. — Comparison of the suppressive effects of water immersion and saline administration on renin-aldosterone in normal man. *J. clin. Endocrinol. Metab.*, 1979, 49, 358-363.
12. Epstein M., Preston S., Weitzman R.E. — Isoosmotic central blood volume expansion suppresses plasma arginine vasopressin in normal man. *J. clin. Endocrinol. Metab.*, 1981, 52, 256-262.
13. Epstein M., Loutzenhiser R., Friedland E., Aceto R.M., Camargo M.J.F., Atlas S.A. — Relationship of increased plasma atrial natriuretic factor and renal sodium handling during immersion — induced central hypervolemia in normal humans. *J. clin. Invest.*, 1987, 79, 738-745.
14. Gauer O.H., Henry J.P. — Neurohormonal control of plasma volume. In: Guyton A.C., Cowley A.W., *International Review of Physiology. Cardiovascular physiology II*, pp. 145-190, vol. 9, Baltimore, University Park, 1976.
15. Gerbes A.L., Arendt R.M., Schnizer W., Silz S., Jüngst D., Zähringer J., Paumgartner G. — Regulation of Atrial Natriuretic Factor Release in Man: Effect of Water Immersion. *Klin. Wochenschr.*, 1986, 64, 666-667.

16. Gilmore J.P., Zucker I.H. — Failure of left atrial distension to alter renal function in the nonhuman primate. *Circ. Res.*, 1978, 42, 267-270.
17. Gilmore J.P., Zucker I.H. — Contribution of vagal pathways to the renal responses to head-out immersion in the nonhuman primate. *Circ. Res.*, 1978, 42, 263-267.
18. Grammer R.T., Fukumi H., Inagami T., Misono K.S. — Rat atrial natriuretic factor. Purification and vasorelaxant activity. *Biochem. biophys. Res. Commun.*, 1983, 116, 696-708.
19. Greenleaf J.E., Morse J.T., Barnes P.R., Silver J., Keil L.C. — Hypervolemia and plasma vasopressin response during water immersion in men. *J. appl. Physiol.*, 1983, 55, 1688-1693.
20. Harrison M.H., Keil L.C., Wade C.A., Silver J.E., Geelen G., Greenleaf J.E. — Effect of hydration on plasma volume and endocrine responses to water immersion. *J. appl. Physiol.*, 1986, 61, 1410-1417.
21. Khosla S.S., Dubois A.B. — Fluid shifts during initial phase of immersion diuresis in man. *J. appl. Physiol.*, 1979, 46, 703-708.
22. Khosla S.S., Dubois A.B. — Osmoregulation and interstitial fluid pressure changes in humans during water immersion. *J. appl. Physiol.*, 1981, 51, 686-692.
23. Kravik S.E., Keil L.C., Silver J.E., Wong N., Spau W.A., Greenleaf J.E. — Immersion diuresis without expected suppression of vasopressin. *J. appl. Physiol.*, 1984, 57, 123-128.
24. Laragh J.H. — Atrial natriuretic hormone, the renin-aldosterone axis, and blood pressure-electrolyte homeostasis. *N. Engl. Med.*, 1985, 312, 1130-1140.
25. Lecomte J., de Marchin P. — Sur quelques effets cardiovasculaires de l'immersion chez l'homme normal. *Rev. med. Suisse Romande*, 1986, 106, 199-206.
26. Ogiwara T., Shima J., Hara H., Tabuchi Y., Hashizume K., Nagano M., Katahira K., Kangawa K., Matsuo H., Kumahara Y. — Significant increase in plasma immunoreactive atrial natriuretic polypeptide concentration during head-out water immersion. *Life Sci.*, 1986, 38, 2413-2418.
27. Pendergast D.R., De Bold A.J., Pazik M., Hong S.K. — Effect of head-out immersion on plasma atrial natriuretic factor in man. *Proc. Soc. exp. Biol. Med.*, 1987, 184, 429-435.
28. Richards A.M., Nicholls M.G., Ikram H., Webster M.W., Yandle T.G., Espiner E.A. — Renal haemodynamic and hormonal effects of human alpha atrial natriuretic peptide in healthy volunteers. *Lancet*, 1985, 1, 545-549.
29. Sugiyama M., Fukumi H., Grammer R.T., Misono K.S., Yabe Y., Morisawa Y., Inagami T. — Synthesis of atrial natriuretic peptides and studies on structural factors in tissue specificity. *Biochem. biophys. Res. Commun.*, 1984, 123, 338-344.